



Broeikasgas metingen Energieboerderij en proef Attero 2011

Verslag van seizoenmetingen in gewas suikerbiet op 4 zandgrond locaties in Noord-Limburg

Kees v. Wijk, Wim v. d. Berg, Wout Uijthoven, Harry Verstegen, Marcel v. d. Voort



Broeikasgas metingen Energieboerderij en proef Attero 2011

Verslag van seizoenmetingen in gewas suikerbiet op 4 zandgrond locaties in Noord-Limburg

Kees v. Wijk, Wim v. d. Berg, Wout Uijthoven, Harry Verstegen, Marcel v. d. Voort



© 2011 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO) onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door ^{foto}kopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

DLO is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

PPO-publicatienr. 515

OPDRACHTGEVER:



Projectnummer: 3250034801

Praktijkonderzoek Plant & Omgeving, onderdeel van Wageningen UR
Business Unit Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten

Adres : Postbus 430, 8200 AA Lelystad
: Edelhertweg 1, 8219 PH Lelystad
Tel. : +31 320 291111
Fax : +31 320 230479
E-mail : info.ppo@wur.nl
Internet : www.ppo.wur.nl

Inhoudsopgave

SAMENVATTING.....	5
1 INLEIDING	7
1.1 Aanleiding	7
1.2 Achtergrond vraagstelling.....	7
2 PROEFOPZET EN UITVOERING	9
3 ACHTERGROND LACHGASVORMING EN TEMPERATUUR EN NEERSLAG	11
4 RESULTATEN	13
4.1 Praktijkbedrijven	13
4.2 Resultaten Attero Proefveld	16
5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES	21
LITERATUUR.....	25
BIJLAGE 1: BEREKENINGSWIJZE LACHGAS.....	27

Samenvatting

In project Energieboerderij zijn in 2011 zijn op 3 deelnemende bedrijven en op het proefveld met verschillende bemesting – compost varianten broeikaskasmissies gemeten in een suikerbietenteelt gedurende het hele seizoen. Alle meetlocaties liggen op zandgrond in Noord-Limburg.

Daarnaast zijn voor deze locaties ook de directe lachgas emissies berekend met het modelmatige rekensysteem van Biograce gebaseerd op IPCC kengetallen voor deze zandgrond met grondwatertrap IV, met als input de kilogrammen N die in de bodem beschikbaar zijn of komen gedurende de teelt. Dit rapport doet verslag van de metingen en berekeningen voor deze locatie en maakt een vergelijking op jaarbasis van de waarden van zowel de gemeten als de berekende waarden.

De vergelijking van de resultaten laat zien, dat er grote verschillen zitten tussen de gemeten emissies van lachgas en de berekende directe emissies op basis van de kg N in de grond. Deze verschillen zijn niet goed te duiden en te groot om binnen de normale variatie te vallen die het rekensysteem kent. Daarom is gekeken naar eerdere metingen die op locatie Vredepeel zijn uitgevoerd. Ook deze metingen laten lage emissies zien, lager dan met het IPCC berekend wordt.

De vraag is of de verschillen vooral worden veroorzaakt door de wijze van meten of door het IPCC rekenmodel. Het is mogelijk dat het rekensysteem van Biograce (gebaseerd op IPCC kengetallen) voor deze zandgrond met grondwatertrap IV geen goede basis is. Ook kan de locatie afwijken van de normale variatie die het rekenmodel kent. Door deze meetresultaten, ondanks de geschetste onduidelijkheden, toch te publiceren, kunnen deze meegenomen worden een nadere analyse en in discussies, die hierover ongetwijfeld nog gevoerd zullen worden.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Deze rapportage is onderdeel van het project Energieboerderij. Het project Energieboerderij heeft als doel om de duurzaamheid van in Nederland geproduceerde biomassa inzichtelijk te maken en te verbeteren. In plaats van het rekenen met gegevens uit de literatuur worden op praktijkbedrijven gegevens verzameld en geanalyseerd. Deze informatie vormt de basis voor het berekenen van duurzaamheidskengetallen en het optimaliseren van energieteelten.

Achtergrond van het project is de discussie over de oplossingsrichtingen voor het energievraagstuk en de bijdrage die hernieuwbare grondstoffen (in het bijzonder energieteelten) daaraan kunnen leveren. De initiatiefnemers van Energieboerderij hanteren als uitgangspunt dat de energieteelt dient te voldoen aan de duurzaamheidscriteria zoals vastgelegd in de EU richtlijn voor energie uit hernieuwbare grondstoffen (RED). Ook de regionale impact van meer energieteelten dient inzichtelijk te zijn. Uitgangspunt daarbij is dat alle berekeningen en resultaten eenduidig en transparant zijn voor alle betrokkenen en geïnteresseerden.

Er is in Energieboerderij gewerkt met een drietal in de praktijk functionerende ketens. De ketens dienen als basis voor de verzameling van bruikbare praktijkcijfers. Het betreft de volgende ketens:

1. Maïsteelt – vergisting – elektriciteit
2. Suikerbietenteelt – vergisting – elektriciteit
3. Koolzaad - PPO/biodiesel

Per keten is een groep ondernemers betrokken waar een van de bovengenoemde gewassen is geteeld. In de keten zijn teelt en verwerking gevolgd (registratie) en de benodigde metingen uitgevoerd. Met deze gegevens is over een periode van 4 jaar de duurzaamheid van het energiegewas voor de totale keten bepaald.

Daarnaast zijn van elk gewas jaarlijks proefvelden en zogenaamde 'best practice' demo's aangelegd waarin teeltvarianten zijn vergeleken en de invloed op de duurzaamheid is bepaald. De verzamelde praktijkcijfers en de cijfers van de proefvelden en de demo's zijn met de verschillende telersgroepen besproken, met als doel vast te stellen waar de verbeterpunten liggen.

De duurzaamheid is bepaald met een, in het project ontwikkelde, meetlat voor energie-efficiency en broeikasgasemissiereductie.

Voor vergistingsinstallaties waarbij groen gas in plaats van elektriciteit wordt geproduceerd, is de meetlat uitgebreid met een module voor het doorrekenen van de groen gas productie.

Energieboerderij is een initiatief van Vereniging Innovatief Platteland. De uitvoering is in handen van Praktijkonderzoek Plant & Omgeving (Wageningen UR), IRS en Cultus Agro advies.

Het project wordt mogelijk gemaakt door de volgende organisaties: Ministerie van EL&I, Wageningen UR, provincie Limburg, LLTB, Productschap Akkerbouw, Cosun en IRS, Argos Oil, Attero, Carnola, Vitelia, HAS Kennistransfer en OCI-Nitrogen.

1.2 Achtergrond vraagstelling

In het kader van het project Energieboerderij zijn in 2011 zijn op 3 deelnemende bedrijven en op een proefveld broeikasgas (BKG)-emissies gemeten in een suikerbietenteelt. Het proefveld betrof een perceel waarop een aantal objecten met verschillende bemesting – compost varianten aangelegd zijn (in opdracht van Attero).

Alle meetlocaties liggen op zandgrond in Noord-Limburg. Het doel van de metingen op de 3 bedrijven was om een vergelijking te krijgen van de gemeten emissies in het veld met modelmatig berekende BKG-waarden. De metingen op het proefveld van Attero hadden tot doel het bepalen van het effect van de verschillende bemestingsbehandelingen op de BKG-emissies.

Het belangrijkste broeikasgas in de landbouw is N_2O (lachgas). Dit gas levert een sterke bijdrage aan de afbraak van de ozonlaag. De lachgasuitstoot is, naast de BKG veldmetingen, ook modelmatig berekend op basis van de IPCC-methodiek.

In dit verslag worden vooral de berekende en gemeten waarden van lachgas van de 3 bedrijven vergeleken. Ook de resultaten van de mestgiften op het Attero proefveld richten zich sterk op de N_2O -uitstoot. Daarnaast zijn andere gassen gemeten, waaronder methaan (CH_4). Ook dit gas draagt bij aan het broeikaseffect. De resultaten van de CH_4 -metingen zijn ook in dit verslag opgenomen.

Hoofdstuk 2 geeft de proefopzet en uitvoering van de metingen en berekeningen weer. De resultaten worden vermeld in hoofdstuk 3. In hoofdstuk 4 worden de resultaten besproken, conclusies geformuleerd en aanbevelingen gedaan.

2 Proefopzet en uitvoering

In totaal zijn metingen zijn uitgevoerd op zandgrond in Noord-Limburg bij telers Botden en van Kempen, op PPO Vredepeel en op het proefveld van Attero. Er is frequenter gemeten rond het mest uitrijden/zaaien en rond de oogst omdat daarbij vaak de emissie hoog is. Verder is er gemeten tijdens de gewasgroei en voor en na de teelt om ook de basis emissie in beeld te krijgen. In tabel 1 geeft een overzicht van de meetmomenten per proefplaats en de zaai- en oogstdatums.

Tabel 1, **Overzicht meetdatums per proefplaats en de zaai- en oogstdatums**

meetdatum	Botden	v. Kempen	PPO- Vredepeel (VP)	Attero ^a	Opmerkingen
04 feb.	+	+	+	-	Veel wind
11 mrt.	+	+	+	-	
14 mrt.	+	-	-	-	Botden, meting na toediening 36m ³ /ha RDM
15 mrt.	-	-	+	-	Vredepeel, na bemesten 55 t/ha ZDM
24 mrt.	-	-	+	-	VP; 1 ^e keer na zaai
29 mrt.	+	-	+	+	Botden; geen gewas, VP 2 ^e meting na zaai, Attero 1 ^e meting na bemesten en zaai
11 apr.	+	+	+	+	20 gr. grondtemperatuur op alle proefplaatsen
16 apr.	+	-	-	-	Botden, 17 gr. C grondtemperatuur.
21 apr.	+	-	-	-	Botden, 21 gr. C grondtemperatuur.
22 apr.	-	+	-	-	
19-mei	+	+	+	+	v. Kempen berekend, VP: op 18 /5 100 kg/ha KAS gestrooid
01 jul.	+	+	+	+	Attero, zware bui na 24 metingen
04 aug.	+	+	+	+	
23 sept.	+	+	+	+	VP: 1e meting na rooi
29 sept.	-	-	+	-	VP: 2e meting na rooi
11 okt.	-	-	+	-	VP: 3e meting na rooi
13 okt.	-	-	-	+	
28-okt	+	+ + ^b	-	+	Van Kempen, voor en na rooi, Attero 1 ^e meting na rooi 2011, op 31 okt is 25 ton compost /ha uitgereden.
4-nov	-	+	-	+	Attero: 2 ^e meting na rooi
11-nov	+	+	+	+	
15-nov	+	-	+	-	Botden; na rooi en grondontsmetting
21-dec	+	+	+	+	
<i>Mest uitrijden</i>	<i>12 mrt</i>		<i>14 mrt</i>	<i>16 mrt</i>	
<i>zaaidatum</i>	<i>15-apr</i>	<i>10-apr</i>	<i>23 mrt</i>	<i>24 mrt</i>	
<i>rooidatum</i>	<i>22-okt</i>	<i>28-okt</i>	<i>21-sep</i>	<i>19-okt</i>	

a) later gestart vanwege late financiering b) gemeten kort *voor* en *na* het ploegen op dezelfde dag.

De veldmetingen zijn uitgevoerd met de geavanceerde mobiele gasmeter Innova 1412. Op de 3 praktijkbedrijven is op 2 plekken in het suikerbietperceel gemeten. Deze plekken zijn vooraf uitgekozen op representativiteit voor het hele perceel qua grondstructuur. Op alle meetdatums is steeds op deze plekken gemeten. Per meetplek zijn 4 emmers geplaatst voor opvang van de emissie (zie Afbeelding 1). Gemeten is bij plaatsing (nulmeting) en na 30 minuten.

Het Attero proefveld is een meerjarig suikerbietenproefveld in 4 herhalingen, waarin 3 verschillende bemestingsbehandelingen worden vergeleken met onbemest. In de volgende 3 van de 4 behandelingen zijn in 2011 broeikasgasmetingen uitgevoerd:

- zeugendrijfmest (zdm)+compost
- praktijk bemesting voor suikerbiet
- onbemest (onbehandeld)

Per herhalingsveldje zijn vooraan en achteraan 2 emmers geplaatst voor de metingen. Op alle meetdatums zijn steeds dezelfde meetplaatsen gebruikt. Gemeten is bij plaatsing en na 30 minuten.



Foto 1 : **Broeikasgasmeting direct na oogst**

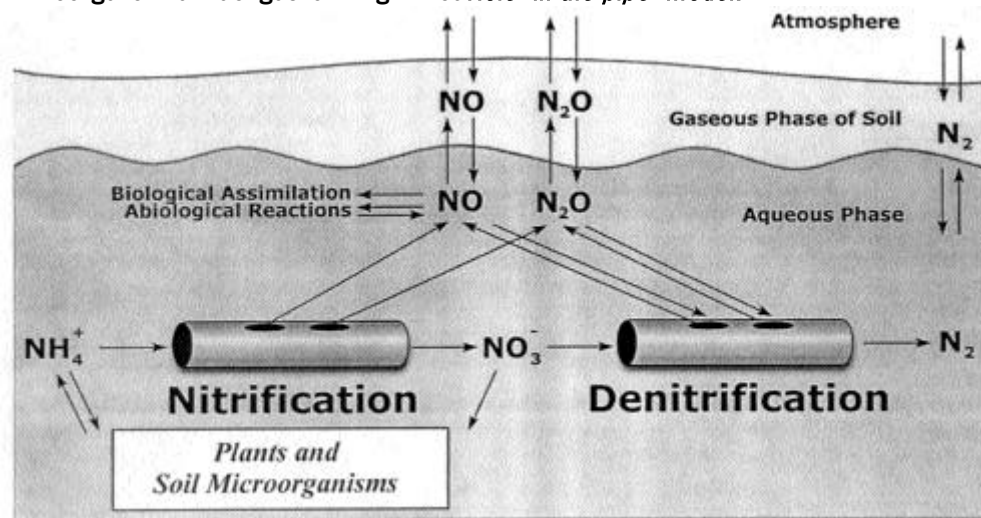
Alle meetwaarden in ppm's (parts per million) zijn omgerekend naar kilogrammen per ha per dag, met de gebruikelijke correcties voor temperatuur. Deze waarden zijn gemiddeld per praktijkperceel (voor de energieboerderij deelnemers) of per behandeling (voor Attero-proefveld). Het jaartotaal van de gemeten waarden is berekend door interpolatie van de metingen. Dit om een vergelijking te kunnen maken met de waarden uit de modelberekening. Voor het Attero proefveld zijn de meetwaarden statistisch getoetst met *Genstat, release 14.2*. Omdat op de 3 praktijkpercelen bij aanvang (uit kostenoverwegingen) gekozen is de teelt niet in herhalingen uit te voeren, is statistische toetsing daar niet mogelijk.

Voor de modelberekening is gebruik gemaakt van het rekenmodel op basis van de IPCC methodiek, dat afgelopen jaren voor alle deelnemende bedrijven binnen het project Energieboerderij is toegepast. De berekeningen zijn gebaseerd op Visser et al. (2008). In bijlage 1 staat een toelichting op de berekeningswijze. Voor de vergelijking in dit project is berekend de directe N_2O uitstoot in kg/ha/jaar, veroorzaakt door de bemesting en mineralisatie in de teelt. De input in het rekenmodel is de hoeveelheid stikstof (N) in kg/ha/ jaar in bodem en gewas, door bemesting, mineralisatie en uit gewasresten.

3 Achtergrond lachgasvorming en temperatuur en neerslag

Zoals bekend zijn de processen rond broeikasgasvorming en ook de emissie beïnvloed door temperatuur en aerobe en anaerobe omstandigheden. Een van de weergaves waarin het proces van lachgasvorming modelmatig wordt uitgebeeld is het onderstaande Hole-in-the pipe- model.

Afbeelding 1: **Weergaven van lachgasvorming in het Hole-in-the pipe- model.**



Met name in het waterrijke gedeelte van de bodem worden bij nitrificatie en denitrificatie allerlei N-verbindingen gevormd, waaronder lachgas (N_2O). Dit wordt veroorzaakt door zowel chemische als biologische processen. Hogere temperaturen bevorderen deze processen. Verder is de lachgasvorming in het waterrijke gedeelte van de grond *optimaal* als 50-70 % van het poriënvolume gevuld is met water. (Smith e.a. 2003)

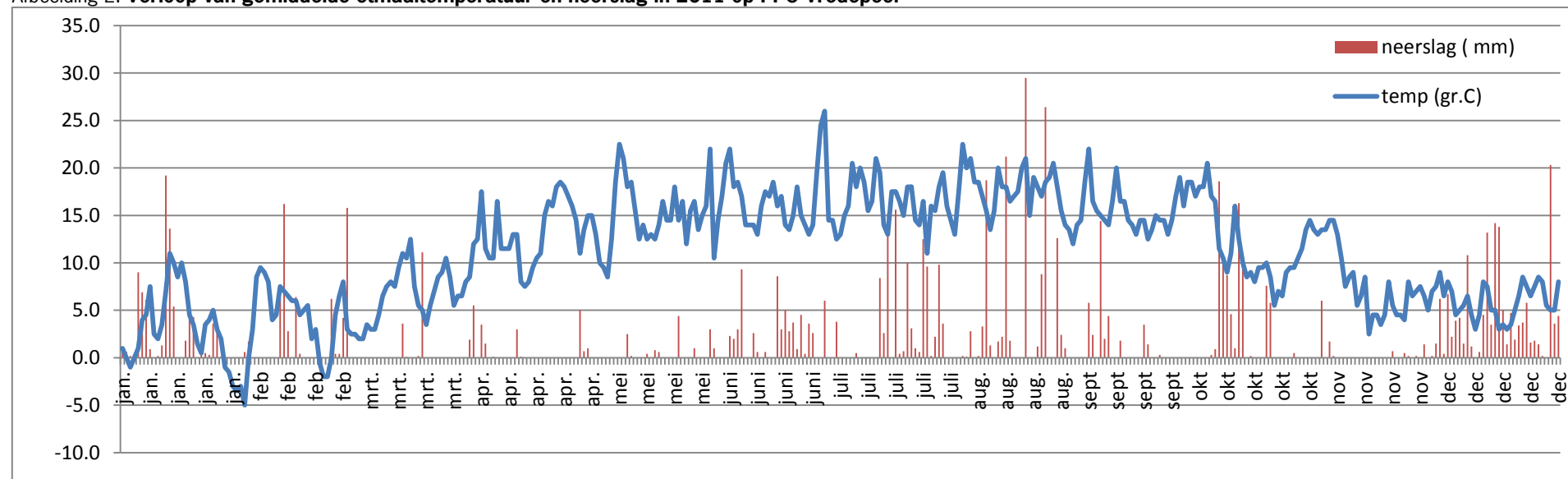
Het temperatuur en neerslagverloop van PPO-Vredepeel is per decade weergegeven in onderstaande tabel 2 vergeleken met het meerjarig gemiddelde van weerstation Eindhoven. Daarnaast zijn deze gegevens in afbeelding 2 in beeld gebracht.

De temperatuur was in 2011 gemiddeld iets hoger. Vooral de maanden april, mei, juni, september en december waren warmer. De neerslag was bijna 70 mm lager dan het meerjarig gemiddelde. Vochtige maanden waren vooral in de winter (december - januari) en in de zomer (juli - augustus).

Tabel 2: **Gemiddelde etmaal temperatuur (°C) en neerslag (mm) per decade en per maand, PPO Vredepeel 2011 en meerjarig weerstation Eindhoven 1981-2010**

temperatuur,	jan,	feb	mrt	apr,	mei	juni	juli	aug,	sep,	okt,	nov,	dec	jaar-
decade I	2,2	4,9	4,3	12,7	15,2	17,0	16,6	18,0	16,7	14,8	11,0	6,0	gemidd.
decade II	6,8	4,5	7,8	11,5	14,0	15,8	17,0	18,2	14,5	9,1	5,3	4,8	
decade III	0,5	2,3	8,2	15,7	15,5	17,3	15,3	16,4	16,3	10,7	6,4	7,0	
Gem.	3,1	3,9	6,8	13,3	14,9	16,7	16,3	17,5	15,8	11,5	7,5	5,9	11,1
<i>meerjarig</i>	<i>3,6</i>	<i>3,6</i>	<i>6,1</i>	<i>8,7</i>	<i>12,5</i>	<i>15,1</i>	<i>17,4</i>	<i>17,5</i>	<i>14,8</i>	<i>11,3</i>	<i>7,4</i>	<i>4,3</i>	<i>10,2</i>
neerslag (mm)													
decade I	24,7	8,6	0,0	5,1	2,7	19,2	4,3	26,6	29,0	44,8	7,9	37,1	jaar-
decade II	50,4	25,8	15,0	3,1	1,8	24,3	56,0	56,4	6,7	40,4	0,7	62,8	totaal
decade III	8,6	27,0	7,4	6,7	9,4	18,0	39,5	52,4	0,3	0,5	4,0	46,2	
totaal	83,7	61,4	22,4	14,9	13,9	61,5	99,8	135,4	36,0	85,7	12,6	146,1	773
<i>Meerjarig</i>	<i>68</i>	<i>51</i>	<i>60</i>	<i>43</i>	<i>55</i>	<i>62</i>	<i>72</i>	<i>84</i>	<i>89</i>	<i>90</i>	<i>90</i>	<i>76</i>	<i>841</i>

Afbeelding 2: **Verloop van gemiddelde etmaaltemperatuur en neerslag in 2011 op PPO Vredepeel**



4 Resultaten

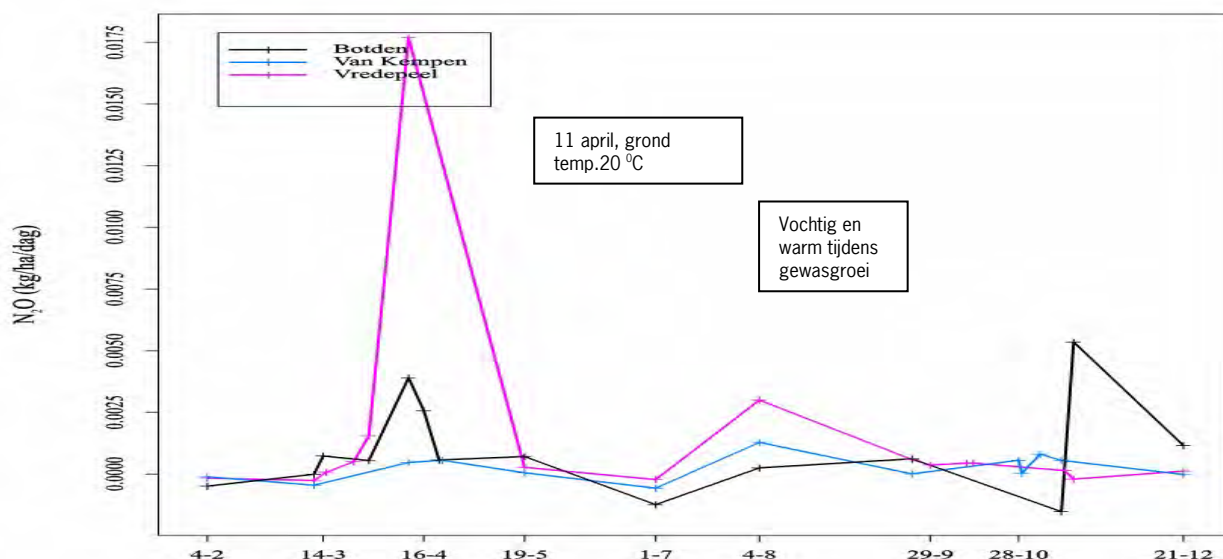
4.1 Praktijkbedrijven

Omdat lachgas een sterke bijdrage aan de afbraak van de ozonlaag, is dit ook een belangrijk broeikasgas in de landbouw. De lachgasuitstoot is, zoals eerder vermeld, gemeten via de BKG veldmetingen, en ook modelmatig berekend. De modelberekening is gebaseerd op de gegeven hoeveelheden stikstof uit organische mest en kunstmest. Verder zijn de gewasresten niet afgevoerd maar onder gefreesd. De emissie daarvan is in het model meegerekend. In tabel 3 staan voor de drie proefplaatsen zowel de berekende als de gemeten jaartotalen van lachgasemissies. Afbeelding 3 geeft het verloop van de emissies per proefplaats weer gedurende het jaar.

Tabel 3: **Berekende en gemeten jaartotalen van directe lachgasemissies in kg/ha/jaar van 3 proefplaatsen; energieboerderij 2011.**

proefplaats	berekende N ₂ O (kg/ha/jaar)	gemeten N ₂ O 2011 (kg/ha/jaar)	Verhouding berekende en gemeten N ₂ O
Botden	7,23	0,165	7,23 / 0,165 = 44
Van Kempen	7,24	0,062	7,24 / 0,062 = 117
Vredepeel	8,40	0,615	8,40 / 0,615 = 14

Afbeelding 3: **Jaarverloop van de gemeten N₂O (kg/ha) per proefplaats met toelichting van omstandigheden bij piekemissies, project energieboerderij 2011**



Opvallend zijn de grote verschillen in de berekende waarden en de gemeten waarden, variërend van factor 14 tot factor 117. Nu zijn er forse verschillen bekend tussen proeven, wat ook blijkt uit de grote marge die het IPCC kengetal van 1% kent (marge 0,3 -3,0 %). Dit kengetal geeft aan hoeveelheid van de in de bodem beschikbare N gemiddeld omgezet wordt in lachgas. Ook wordt voor deze zandgronden met grondwatertrap IV een grote mineralisatie van 125 kg per jaar ingerekend. Zoals bekend kan dat per zandperceel en per jaar fors verschillen. Hieruit kan echter niet het gehele verschil tussen de gemeten en berekende waarden verklaard worden.

Ook bij het seizoenverloop zijn de gemeten waarden vrij laag. Meesttijds is het emissieverloop net boven of net onder nul. Het hoogste gemeten jaartotaal wordt bereikt op locatie Vredepeel met 0,615 kg per ha. Ook de hoogste piekemissie wordt bereikt op proefplaats Vredepeel met een waarde op 0,0175 kg/dag op 11 april. Op proefplaats Botden zien we die dag eveneens een verhoogde emissie. Op 11 april was de grondtemperatuur met 20 °C al vrij hoog, wat een bijdrage geleverd kan hebben aan de verhoogde emissie. Verder zien we naar de zomer toe een verhoogde uitstoot op alle drie proefplaatsen. Aan het eind van het jaar is er een piek-emissie op locatie Botden, wat gevolg kan zijn van de grondontsmetting die toen op dat perceel heeft plaatsgevonden. Het uitrijden van mest, het zaaien en het rooien gaven maar een beperkte verhoging van de lachgasuitstoot. Het seizoenverloop van de metingen op het *van Kempen*-perceel is vrij gelijkmatig. Het jaartotaal komt daarmee zeer laag uit op 0,062 kg/ha/jaar.

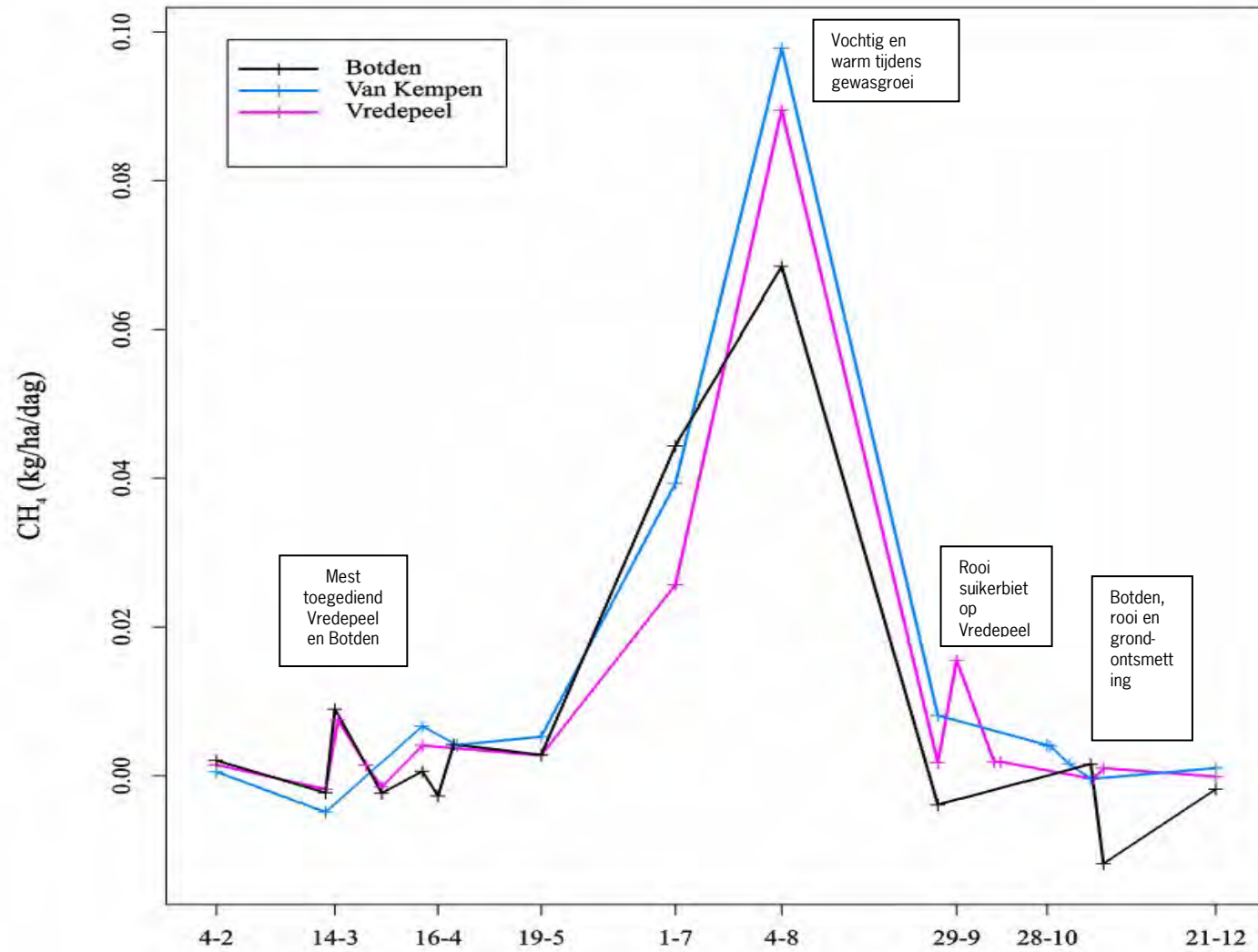
Andere gemeten BKG gassen

Op de praktijkpercelen zijn ook gemeten de uitstoot van methaangas (CH₄) en koolzuurgas (CO₂). Methaangas draagt minder sterk bij aan de afbraak van de ozonlaag dan lachgas met een factor 23 hoger dan koolzuurgas. (bij lachgas is deze bijdrage 296 hoger dan koolzuurgas). De uitstoot van koolzuurgas kan aanzienlijk zijn, maar per saldo op jaarbasis wordt het effect vaak als geneutraliseerd, omdat een groeiend gewas grote hoeveelheden opneemt CO₂ opgenomen wordt. Op langere termijn, bij eventuele verlaging van het % organische stof in de bodem, kan de uitstoot van CO₂ per saldo wel groter zijn dan de opname. In onderstaande tabel 4 zijn de uitstoot van methaan en koolzuurgas in kg/ha /jaar weergegeven voor de drie proefplaatsen. In afbeelding 4 is het jaarverloop van het belangrijke gas methaan weergegeven.

Tabel 4: **Totale gemeten emissie van methaan en koolzuurgas in kg/ha/jaar van 3 proefplaatsen; energieboerderij 2011.**

proefplaats	Gemeten emissie CH ₄ (kg/ha/jaar)	Gemeten emissie CO ₂ (kg/ha/jaar)
Botden	4,42	915
Van Kempen	6,36	1000
Vredepeel	5,30	1338

Afbeelding 4: Jaarverloop van de gemeten CH_4 (kg/ha) per proefplaats



4.2 Resultaten Attero Proefveld

Op genoemd proefveld zijn de metingen gestart vanaf 29 maart vanwege de late financiering. Hoewel dus de periode maar 9 maanden betreft geven ze wel een indruk over de lachgasemissies tussen de verschillende behandelingen. Tabel 5 geeft de totalen en afbeelding 5 het verloop in het seizoen.

Tabel 5: **Berekende en gemeten totalen van directe lachgasemissies in kg/ha per periode van 3 behandelingen; proefveld Attero, suikerbietenteelt 2011.**

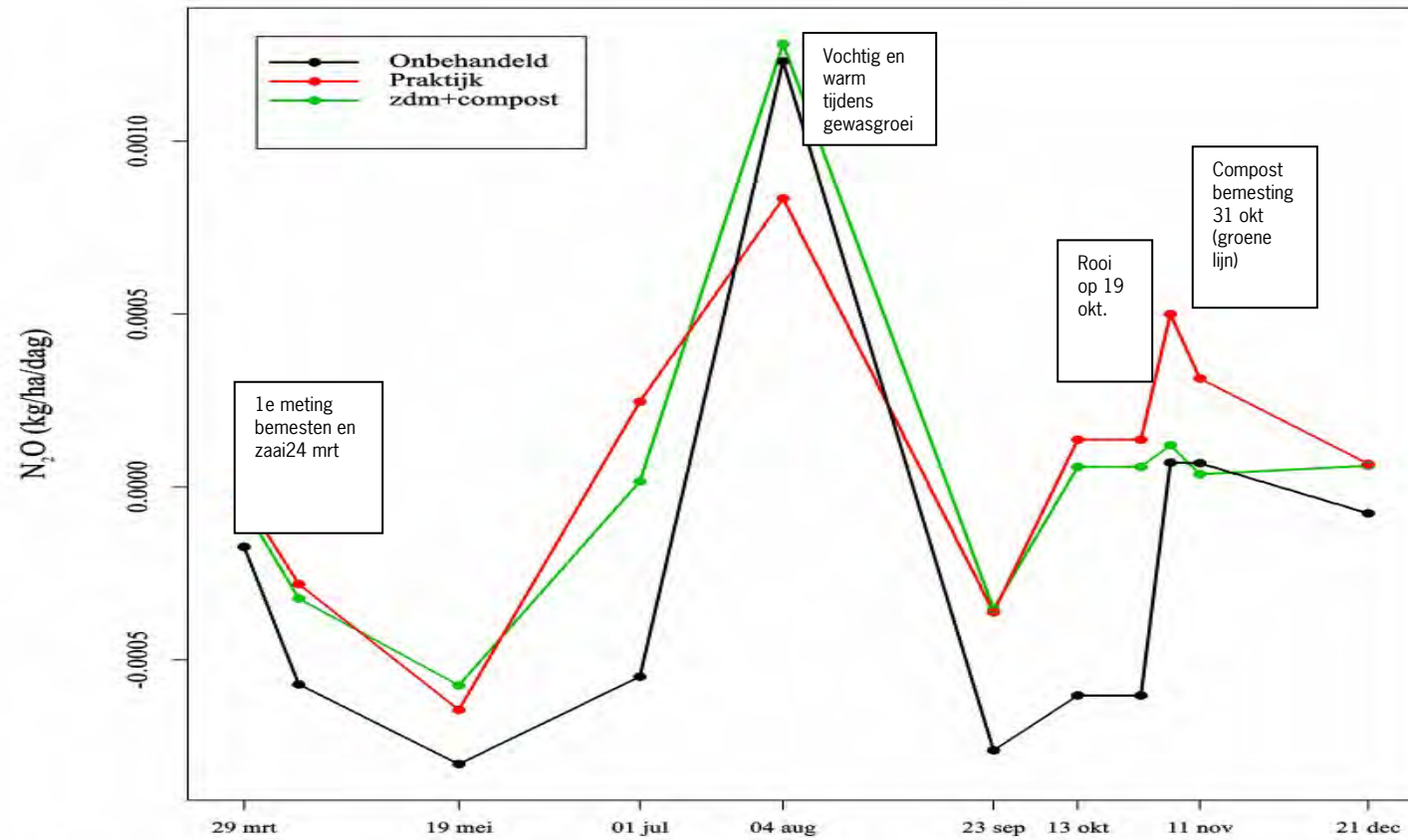
behandeling	berekende N ₂ O (kg/ha/jaar)	Totaal gemeten N ₂ O* (kg/ha/9 maanden)	Gemeten waarden op jaarbasis (*12/9)	Verhouding berekende en gemeten N ₂ O/jaar
B = Praktijk : 50 t/ha zeugendrijfmest en 110 kg/ha KAS	7,54	0,0145 ^b	0,019	396
C = 25 t/ha compost en kunstmest 300 kg/ha KAS	5,53	0,0156 ^b	0,021	354
A = Geen bemesting	3,94	-0,061 ^a	- 0,081	-

* de getallen met eenzelfde cijfer verschillen statistisch niet van elkaar in 99 % van de gevallen

Ook op het Attero proefveld zijn er grote verschillen tussen de berekende waarden en de gemeten waarden. Bij de praktijkbemesting is de berekende uitstoot factor 396 hoger dan de gemeten waarde. Bij de compost & kunstmest behandeling is dat factor 354.

Bij geen bemesting is er nog een berekende uitstoot bijna 4 kg terwijl de gemeten uitstoot negatief is. De berekende uitstoot komt geheel tot stand door de ingeschatte mineralisatie van 125 kg/ha en de stikstof in het achterblijvende loof dat ook op 125 kg/ha wordt berekend. Deze N₂O berekend komt dan tot stand door 250 kg maal emissiefactor voor N₂O-N (= 0,01) maal de omrekening naar N₂O (= 44/28). De negatieve waarde bij de gemeten lachgas waarde van behandeling geen bemesting duidt op zeer geringe afbraak van N₂O of binding in de grond.

Afbeelding 5: seizoenverloop van de gemeten N₂O (kg/ha) per behandeling; Attero 2011



Ook bij het seizoenverloop zijn de gemeten emissie laag en in het voor- en naseizoen grotendeels negatief. Na bemesting en zaai daalt de geringe emissie nog verder, om vervolgens te stijgen naar de zomer toe. Het hoogste gemeten piek emissie wordt bereikt op 4 augustus rond 1 gram per ha per dag. Aan het eind van het seizoen is er een beperkte verhoging van de lachgasuitstoot bij alle drie behandelingen, wat zowel door weersomstandigheden (sept/ okt) als de rooi op 19 oktober veroorzaakt kan zijn.

Andere gemeten BKG gassen

Op het Attero proefveld zijn ook gemeten de uitstoot van methaangas (CH₄) en koolzuurgas (CO₂). In onderstaande tabel 6 zijn de uitstoot van methaan en koolzuurgas in kg/ha /jaar weergegeven voor de drie behandelingen. In afbeelding 6 is het jaarverloop van het belangrijke gas methaan weergegeven.

Tabel 6: **Totale gemeten emissie van methaan en koolzuurgas in kg/ha/9 maanden van 3 behandelingen; Attero 2011.**

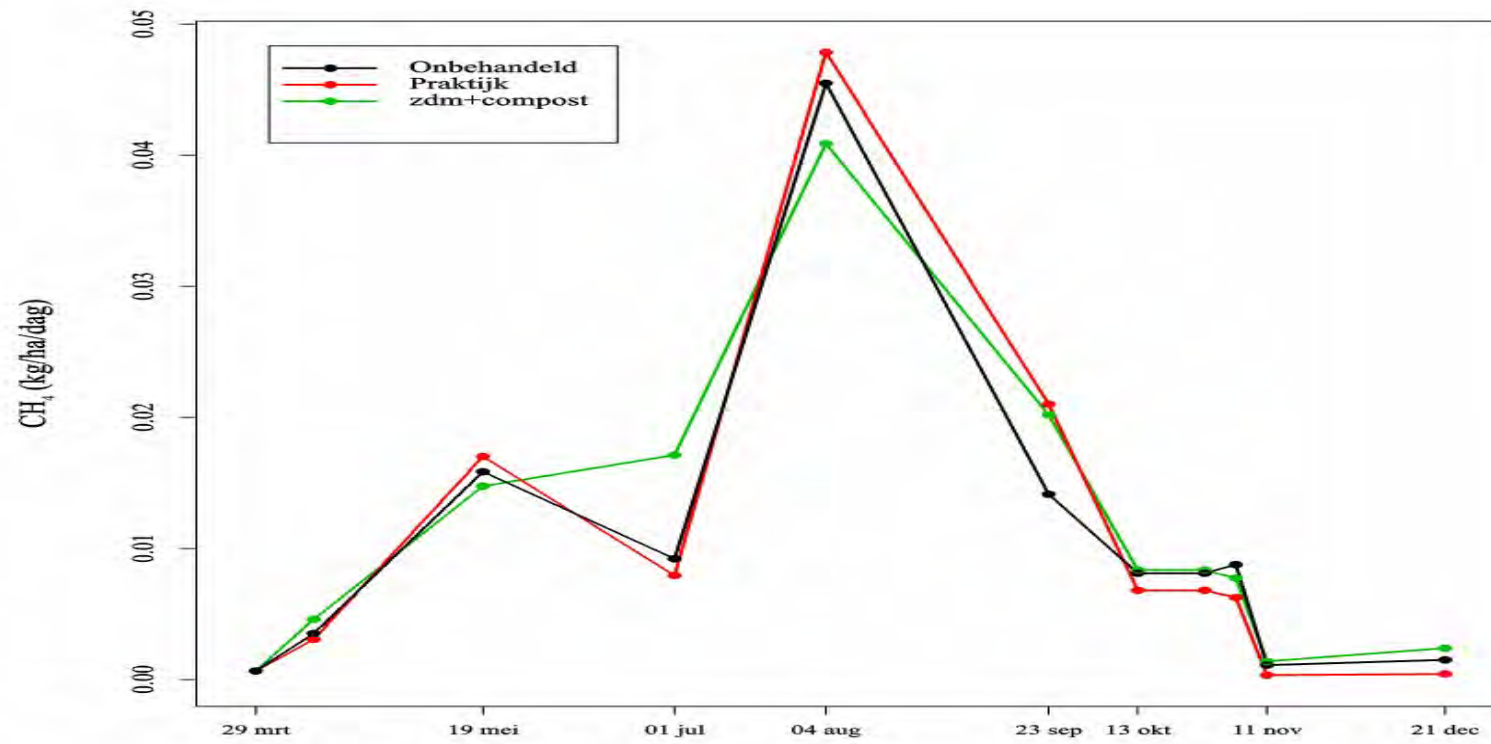
behandeling	Gemeten emissie CH ₄ (kg/ha/9mndn)	Gemeten emissie CO ₂ (kg/ha/9 mndn)
B = Praktijk : 50 t/ha zeugendrijfmest en 110 kg/ha KAS	4,08 ^a	788 ^a
C = 25 t/ha compost en kunstmest 300 kg/ha KAS	4,14 ^a	755 ^a
A = Geen bemesting	3,84 ^a	447 ^b

* de getallen met eenzelfde cijfer verschillen statistisch niet van elkaar in 99 % van de gevallen

De gemeten uitstoot draait rond de 4 kg/ha voor de periode van 9 maanden. De laagste methaanuitstoot heeft het object *geen bemesting*. De verschillen tussen de behandelingen bij de methaan uitstoot zijn statistisch niet betrouwbaar. Bij de CO₂ - emissie is de behandeling *geen bemesting* betrouwbaar lager dan de 2 bemestingsobjecten.

Seizoenverloop: de methaan waarden zijn tijdens het seizoenverloop steeds positief met een top op 4 augustus. In het 1^e deel van het seizoen stijgen de emissie van de behandeling compost / kunstmest. De andere 2 objecten kennen een duidelijke knik bij de meting van 1 juli. Deze metingen zijn wellicht beïnvloed door een plotselinge regenbui.

Afbeelding 6: Jaarverloop van de gemeten CH_4 (kg/ha) per behandeling, Proefveld Attero 2011



5 Discussie en conclusies

Zowel op de drie locatie van Energieboerderij als op het proefveld van Attero zijn de gemeten lachgas emissies zeer laag vergeleken met de berekende missie. Voor plaatsing van de metingen in een goed perspectief is in de literatuur gezocht naar eerdere onderzoeksresultaten op vergelijkbare locaties en in vergelijkbare gewassen.

Eerdere metingen op gelijksoortige zandgronden in Noord Limburg zijn uitgevoerd in 2008/2009 (Monet, 2009) Het rapport van Monet doet verslag van metingen in 3 soorten proeven uitgevoerd op de zandgrond van PPO-Vredepeel.

- Emissiemetingen op een suikerbietperceel na oogst in winter/voorjaar met verschillende hoeveelheden bietenblad
- Emissiemetingen in verschillende groenbemesters in winter/voorjaar
- Emissiemetingen bij verschillende mestsoorten in voorjaar/zomer 2009.

De metingen in het rapport van Monet zijn uitgevoerd op PPO-Vredepeel met dezelfde mobiele gasmeter Innova 1412. De flux is in deze proeven is toen nog berekend als de emissie ppm na een half uur minus de gemiddelde ppm voor en na de meet sessie in de buitenlucht.

Suikerbietenloof hoeveelheden

De objecten waren verschillende hoeveelheden suikerbiet loof, die achtergelaten zijn op het veld: L0 = geen bietenblad, L1 = standaard suikerbietloof van de oogst; L2 = dubbele hoeveelheid bietenloof, vergeleken met standaard L1. De oogstresten zijn achtergelaten na de oogst van 21 oktober 2008, de grond is losgehaald met een cultivator op 24 oktober 2008. In totaal zijn 6 metingen uitgevoerd gedurende de winter tot vlak voor ploegen op 31 maart 2009. De resultaten zijn weergegeven in onderstaande figuur.

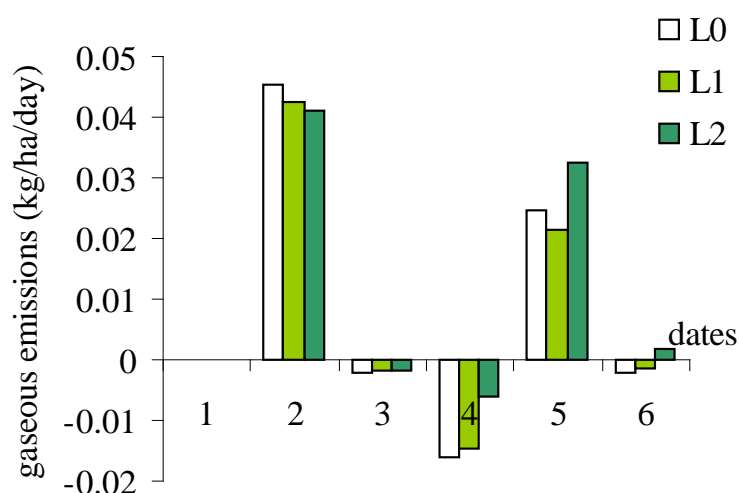


Figure 1: **Nitrous oxide (N₂O-N) emissions in sugar beet objects L0, L1, L2 per date.**

1= October 28th 2008, 2= November 6th 2008, 3= November 13th 2008, 4= November 26th 2008, 5= March 13th 2009, 6= March 27th 2009.

De weergegeven waarden zijn in N_2O-N en moeten met $44/28 =$ ruim 1,5 keer verhoogd worden om N_2O waarden te krijgen. In deze proef waren tussen de objecten geen betrouwbare verschillen. Wel waren er verschillen in lachgasemissie tussen de meetdatums, variërend van 10 gram negatief tot 40 gram per ha per dag positief. In deze proef was dus weinig emissie is vanuit bietenloof.

Conclusie: De hoogste dagwaarde komt in deze proef ruim 3 keer zo hoog uit als de hoogste metingen op de 3 locaties van energieboerderij 2011, maar blijven ver af van de berekende waarden met de IPCC kengetallen.

Verschillenden groenbemesters

Op PP0-Vredepeel zijn in 7 soorten groenbemesters emissiemetingen uitgevoerd op 5 meetdatums. De soorten staan genoemd in de figuur 6. De groenbemesters lagen in enkelvoud. Er is per groenbemester op 2 plekken in 4 emmers gemeten. Figuur (6) geeft de emissies per meetdatum. Alleen de meetdatums van 1 november en 4 april gaven zichtbare verschillen. De meetwaarden op de andere datums waren zo laag dat de grafiek ze niet weergeeft.

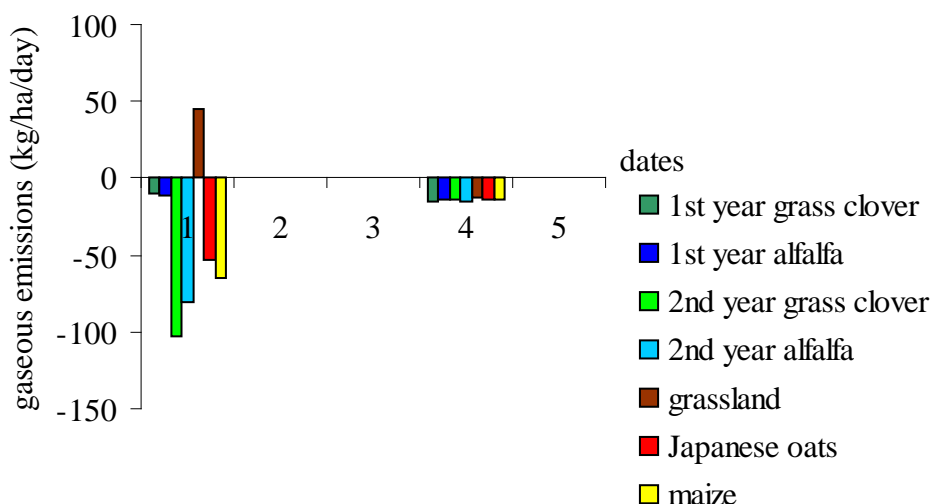


Figure 2 : **Means of nitrous oxide measurements in green manures trial per dates and crops.**

1=November 7th 2008, 2= March 13th 2009, 3= March, 27th 2009, 4= April 29th 2009, 5=June 12th 2009.

De weergegeven waarden zijn in N_2O-N en moeten met $44/28 =$ ruim 1,5 keer verhoogd worden om N_2O waarden te krijgen. Globaal gezien zijn de waarden negatief of bijna nul (behalve voor grasland op 7 november). Verder zijn de emissies lager in het voorjaar.

Conclusie: deze groenbemesters gaven hier nauwelijks lachgasemissies.

Verschillende varkens mestsoorten

Op PP0-Vredepeel zijn 25 maart 2009 vooraf aan een bietenteelt 3 mestsoorten toegediend: 29 t/ha varkensmest (= 144 kg N/ha), 18 t/ha geconcentreerde varkensmest (=131 kg n/ha) en 23t/ha gefermenteerde varkensmest (= 140 kg N/ha). Op 29 maart is er geploegd en op 1 april zijn de bieten gezaaid. Voor en na zaai zijn emissiemetingen uitgevoerd op 3 meetdatums. De bemestingsobjecten lagen in enkelvoud. Er is per object op 2 plekken in 2 emmers gemeten. Figuur 10 geeft de emissies per meetdatum.

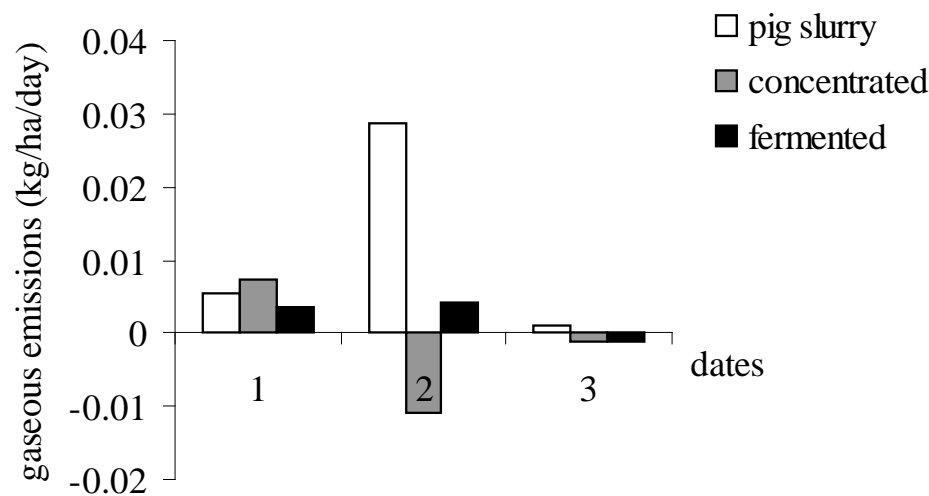


Figure 3 : **Means of nitrous oxide measurements in trial with different manure types at different dates.**

1= March, 27th 2009, 2= April 29th 2009, 3= June, 12th 2009.

De lachgasemissies waren erg laag en varieerden tussen - 0,01 en 0,03 kg/ha/dag. De weergegeven waarden zijn in N₂O_N en moeten met 44/28 = ruim 1,5 keer verhoogd worden om N₂O waarden te krijgen. Daarmee komt de hoogste waarde (op 29 april) uit op 45 g/ha/dag wat bijna 3 keer hoger is dan de hoogste waarde van 17,5 gram/ha/dag begin april op de locatie Vredepeel in 2011. Ook deze waarden van 2009 blijven echter ver achter bij de berekende waarden op Vredepeel in 2011.

Conclusie

Uit deze 3 proeven kan geconcludeerd worden dat de lachemissie hoger zijn dan metingen die in 2011 in het kader van Energieboerderij zijn uitgevoerd. Ook deze gegevens zijn, net als de meetcijfers in dit rapport, eveneens veel lager zijn dan de berekende waarden met het IPCC model.

Meetapparatuur

Aanvullend is ook nog nagegaan of de meetapparatuur betrouwbaar heeft gefunctioneerd. De gebruikte meetapparatuur Photo Acoustic Field Gas Monitor (INNOVA 1412 heeft een onderhoudsbeurt, voorafgaand aan de metingen in december/ januari 2010/2011 door de leverancier ENMO gehad, en is vervolgens geijkt door een onafhankelijke ijkinstelling in Wageningen. Foutieve metingen door het apparaat lijken daarom niet waarschijnlijk.

Verder is dit type meetapparatuur ook gebruikt door Petra Kroon (Kroon, 2010). Haar ervaringen weergegeven in haar proefschrift, spreken van een meer nauwkeurig meting door deze meter.

Citaat

We can not compare the annual terrestrial N₂O emission estimates derived from EC flux measurement to static chamber measurements since N₂O emissions were mostly too small to detect with the static chamber method used by Schrier-Uijl et al.(2009c,d). They used a closed dark chamber of 25 cm height from which air samples were taken at one-minute intervals. Each flux measurement consisted of five pointmeasurements and the concentrations were analyzed by a Photo Acoustic Field Gas Monitor (INNOVA 1412 sn, 71-113, ENMO services, Belgium). The minimum detection limit of this static chamber system was 39 ng N m⁻² s⁻¹ and for the EC flux system 6 ng N m⁻² s⁻¹ (Kroon et al., 2007c). Thus, the use of this EC flux set-up was a big step forward in obtaining more accurate emission estimates. In addition, more accurate estimates can be obtained when the data coverage increases (Kroon et al., 2009g).

Samenvattend: het is duidelijk dat er een groot verschil is in de gemeten emissies van lachgas en de berekende directe emissie op basis van de kg N in de grond. Deze verschillen zijn niet goed te duiden. Ook eerdere metingen op Vredepeel geven lage emissies aan. De vraag blijft of de verschillen zitten in de metingen dan wel het rekensysteem van Biograce gebaseerd op IPCC kengetallen voor deze zandgrond met grondwatertrap IV.

Literatuur

Biograce modelberekening

Kroon P. (2010) Eddy covariance observations of methane and nitrous oxide emissions
Towards more accurate estimates from ecosystems Proefschrift TU Delft

Monnot. L.A. (2009) Greenhouse gas emissions in three trials at the experimental farm Vredepeel, The Netherlands. Applied Plant Research Unit, PPO no. 3250114000

Smith, K. A, et al, (2003) Exchange of greenhouse gases between soil and atmosphere: interactions of soil physical factors and biological processes European Journal of Soil Science, December 2003, 54, 779–791

Visser, Chris de, e. a. (2008), Duurzaamheid van ethanolbiet. Het toetsingskader toegepast. ACRRES – Wageningen UR publicatiecode: AC2008/01

Bijlage 1: Berekeningswijze lachgas

De lachgasemissie berekening en de onderstaande toelichting is overgenomen van Visser et al, (2008). De lachgasemissies die samenhangen met de bemesting, zijn op basis van de IPCC methodiek bepaald.

Berekeningen lachgasemissie

Mogelijke stikstofemissies bij de teelt van suikerbieten zijn afkomstig van kunstmest, dierlijke mest, gewasresten en (mineralisatie van) organische stof in de bodem. Deze emissies kunnen bovendien optreden in verschillende chemische vormen: de belangrijkste zijn nitraat (uitspoeling), ammoniak (vervluchtiginggevolgd door neerslag) en lachgas (gasvormige emissies). In het onderstaande wordt de emissie van de laatste categorie (lachgas) besproken.

N₂O (lachgas) komt vrij bij denitrificatie: de omzetting van nitraat (NO₃⁻) naar stikstof (N₂). Denitrificatie treedt op onder zuurstofloze omstandigheden in aanwezigheid van afbreekbare organische stof. Bij afbraak van organische stof wordt zuurstof verbruikt. Situaties met veel organische stof kunnen leiden tot zuurstofloze omstandigheden en zo tot N-verliezen door denitrificatie (De Ruijter & Smit, 2007). Gerekend over een tijdshorizon van 100 jaar is het broeikas effect van N₂O 296 keer sterker dan dat van CO₂ (Houghton, 2001).

Een deel van de minerale stikstof in de bodem zal direct worden omgezet in N₂O en 'verdwijnen' naar de atmosfeer; een ander deel zal eerst vervluchtigen (als ammoniak), vervolgens weer neerslaan en dan pas worden omgezet. Weer een ander deel zal eerst uit- of afspoelen en vervolgens worden omgezet. IPCC (2006) geeft rekenregels om de grootte van deze drie termen te benaderen: hierbij wordt onderscheid gemaakt in stikstof afkomstig uit kunstmest, dierlijke mest, gewasresten en organische stof in de bodem. De directe N₂O emissies kunnen worden berekend als volgt:

$$\text{N2ONinputs} = (\text{FSN} + \text{FON} + \text{FCR} + \text{FSOM}) * \text{EF1} * 44/28$$

waarbij:

N₂O inputs = de directe N₂O emissies ten gevolge van stikstoftoevoer aan cultuurgronden, kg N₂O/jaar

FSN = de hoeveelheid toegediende N kunstmest, kg N/jaar

FON = de hoeveelheid dierlijke mest, compost, rioolslib en andere organische stikstoftoedieningen aan bodems, kg N/jaar

FCR = de hoeveelheid stikstof uit gewasresten (boven- ondergronds), inclusief stikstofbindende gewassen en het scheuren van grasland, kg N/jaar

FSOM = de hoeveelheid gemineraliseerde stikstof, in samenhang met de afbraak van bodem organische stof (en dus koolstofemissie) ten gevolge van veranderend landgebruik of management, kg N/jaar

EF1 = de emissie factor van N₂O emissies ten gevolge van stikstoftoevoer, kg N₂O/(kg N input). De standaard waarde die genoemd wordt door IPCC is 0.01

44/28 = massa conversie factor N => N₂O

FCR bij suikerbietenteelt bestaat uit de stikstof in het bietenblad en de koppen die op het veld worden achtergelaten. De datasets bevat gegevens over deze hoeveelheden en de bijbehorende N-gehalten.

Tijdens de groei van suikerbieten wordt een maximale verse loofhoeveelheid van circa 55 ton per ha gevormd (juli) waarna de loofhoeveelheid afneemt tot circa 30 ton per ha (Swaaij, van, 2001). Schröder et

al (2005) gaan uit van 35 ton bietenloof per ha bij de oogst. Omdat Swaaij gegevens van 1984 gebruikt, wordt in dit verslag gebruik gemaakt van het cijfer van Schröder et al(2005). In het bietenloof kan uitgegaan worden van een N-gehalte van 3,4 g N per kg vers blad (mond. med. IRS) en dus een waarde van FCR van 119 kg N per ha.

De Fsom varieert onder praktijkomstandigheden erg sterk. De uiteindelijke mineralisatie kan liggen tussen de 50 en 200 of meer kg per ha per jaar. Dit is sterk afhankelijk van de aanvoer van organische stof uit gewasresten, dierlijke mest, groenbemesters en compost in voorafgaande jaren en van het organisch stofgehalte van de bodem alsmede de kwaliteit (samenstelling) van die organische stof. Op basis van de beschikbare gegevens is de gemineraliseerde stikstof berekend.

IPCC (2006) geeft voor het schatten van N₂O emissies van uit- en afspoeling, in gebieden waar deze processen voorkomen, in de volgende vergelijking:

$$\mathbf{N2O(L) = (FSN + FON + FCR + FSOM) * FracLEACH-(H) \bullet EF5 * 44/28}$$

waarbij:

N₂O(L) = de hoeveelheid N₂O die geproduceerd wordt na uit- en afspoeling van stikstof toevoer aan cultuurgronden, kg N₂O/jaar

FracLEACH(H)= de fractie van alle toegevoegde/gemineraliseerde stikstof die af- en uitspoelt, kg N/(kg aangevoerde N). De standaard waarde die genoemd wordt door IPCC is 0.30: dat wil zeggen, als de netto neerslag tijdens enig moment in het groeiseizoen groter is dan het waterhoudend vermogen van de bodem.

EF5 = emissie factor voor N₂O emissies na uit- en afspoeling van stikstof, kgN₂O/(kg uit-/afgespoelde N). De standaard waarde die genoemd wordt door IPCC is 0.0075

De N₂O emissie ten gevolge van vervluchtiging, neerslag en vervolgens denitrificatie wordt in IPCC (2006) beschreven door:

$$\mathbf{N2O(ATD) = \{(FSN *FracGASF) + (FON *FracGASM) * EF4 * 44/28}$$

N₂O(ATD) = hoeveelheid N₂O geproduceerd door atmosferische depositie van N die eerder is vervluchtigd van cultuurgronden, kg N₂O/jaar

FSN = hoeveelheid toegediende stikstof kunstmest, kg N/jaar

FracGASF = fractie kunstmest stikstof die vervluchtigt als NH₃ en NO_x, kg N vervluchtigd/(kg N toegediend). De standaard waarde die genoemd wordt door IPCC is 0.1

FON = de hoeveelheid dierlijke mest, compost, rioolslib en andere organische stikstoftoedieningen aan bodems, kg N/jaar

FracGASM = fractie van de toegediende organische stikstof (FON) die vervluchtigt als NH₃ en NO_x, kg vervluchtigd N/(kg neergeslagen N). De standaard waarde die genoemd wordt door IPCC is 0.20

EF4 = emissie factor voor N₂O emissies uit atmosferische depositie van stikstof op bodems en wateroppervlakken, kg N₂O/(kg vervluchtigde NH₃-N + NO_x-N). De standaard waarde die genoemd wordt door IPCC is 0.010

De totale directe en indirecte aan N bemesting en mineralisatie gerelateerde N₂O emissies kunnen nu worden beschreven door

$$\mathbf{N2ONbemst = N2ONinputs + N2O(L) + N2O(ATD) [6}$$

